臺灣省

農業試驗所彙報

第三號

三十年來無肥料栽培水稻試驗成績之檢討

陳振鐸　林家棻

同種肥料連用對於水稻產量及土壤理化性之影響

張守敬　林家棻　步焱昇

臺灣省臺北市
臺灣省農業試驗所
中華民國三十六年八月

Bulletin 3 August 1947

TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taiwan, China

LEE LING, *Director*

A DISCUSSION ON THE RESULTS OF THIRTY YEARS' EXPERIMENT OF GROWING RICE WITHOUT APPLYING FERTILIZER

By C. T. CHEN *and* J. F. LIN

THE EFFECT OF CONTINUOUS APPLICATION OF THE SAME FERTILIZER ON THE YIELD OF RICE AND THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOIL

By S. C. CHANG, J. F. LIN *and* Y. S. PUH

PUBLISHED BY THE INSTITUTE

TAIPEH, TAIWAN

目　　次

三十年來無肥料栽培水稻試驗成績之檢討

一 緒　論……………………………………………………… 1
二 試驗方法……………………………………………………… 1
三 試驗結果……………………………………………………… 2
　1） 三十年來穀與藁之收量…………………………………… 2
　2） 歷年收穫物中肥料成分之百分率及全吸收量…………… 7
　3） 關於試驗區土壤理化性之變化…………………………… 13
四 結　論……………………………………………………… 13
英文提要 (Résumé)……………………………………………… 14
引用文献………………………………………………………… 17

同肥料連用對於水稻產量及土壤理化性之影響

一 緒　言……………………………………………………… 18
二 田間試驗之方法……………………………………………… 18
三 試驗結果之統計分析及討論………………………………… 19
四 土壤分析之方法與結果……………………………………… 39
五 結　論……………………………………………………… 41
英文提要 (Résumé)……………………………………………… 42
參考文献………………………………………………………… 43

三十年來無肥料栽培水稻試驗成績之檢討

陳 振 鐸　　林 家 棻

一 緒　　論

臺灣光復後，臺灣省農業試驗所農業化學系接收之試驗項目中有『連年無肥料栽培水稻試驗』。本試驗開始迄今已三十六年矣。其目的在探求水稻無肥料栽培對于逐年產量與養分吸收量之關係，藉以探討地力持續性之久暫。鑒本試驗之結果，尙與 Russell, Voelker 兩氏 (*6*) 所發表之 Woburn 農事試驗場五十年來試驗成績及 Hopkins (*2*)，Frank Moser (*3*)，J.E. Halligan (*1*) 諸氏對于土地生產力接續性之硏究頗相符合，且有其獨特的設計，對于本省土壤培肥之學理與應用，不無參考之價値。惜歷年試驗結果，尙未整理。故編者等搜集有關各種資料，加以統計及化學的分析，以冀闡明水稻無肥料栽培對于收量，氮，磷，鉀三要素吸收量及其土壤理化性質之影響。

本硏究中，化學分析多得歐金堯君協助，謹此致謝！

二 試 驗 方 法

本試驗中栽培水稻所用之框爲混凝土製之無底正方形框，其面積爲 0.81 平方公尺，高爲 0.47 公尺。框之下部，盛以心土 236 公斤，深 20 公分，其上則覆以表土 184 公斤，深 17 公分。每框中于等距離處分植水稻 9 叢，每叢爲 5 株。所用之框共 100 個。收量係由各框平均數算出者。水稻品種第一期作栽植短廣花螺，第二期作則栽植下脚格仔。至於播種，挿秧，中耕，除草，灌漑排水，收穫等操作，乃參照本地農家耕種法辦理，所不同者，僅不施肥料耳！田間之排列及框之大小式樣如第一圖。

關於收穫物及土壤中成分含量之分析採用下列方法；機械分析用吸管法 (Pipette Method) (*5*)，pH 用銻電極法 (Antimony Electrode) (*7*)，有機物用 Peech 氏改良法 (*5*)，矽酸，氧化鐵鋁用強鹽酸抽出法 (*3*)，全氮用 Kjeldahl's 氏法 (*10*)，磷用鉬酸銨法 (10)，有效性磷用 Lemmernann Fresenius 氏法 (*11*)，有效性鉀用 Peech 氏速測法 (*4*)。

收穫物之產量與化學成分對于年份之相關，用下列公式計算 (9)。

$$r\ (\text{相關係數}) = \frac{\Sigma(XY) - TxTy/N}{\sqrt{[\Sigma(X^2) - Tx^2/N][\Sigma(Y^2) - Ty^2/N]}}$$

$$t\ (\text{顯著性}) = \frac{r\sqrt{N}}{\sqrt{1-r^2}}$$

X＝收穫物或成分含量

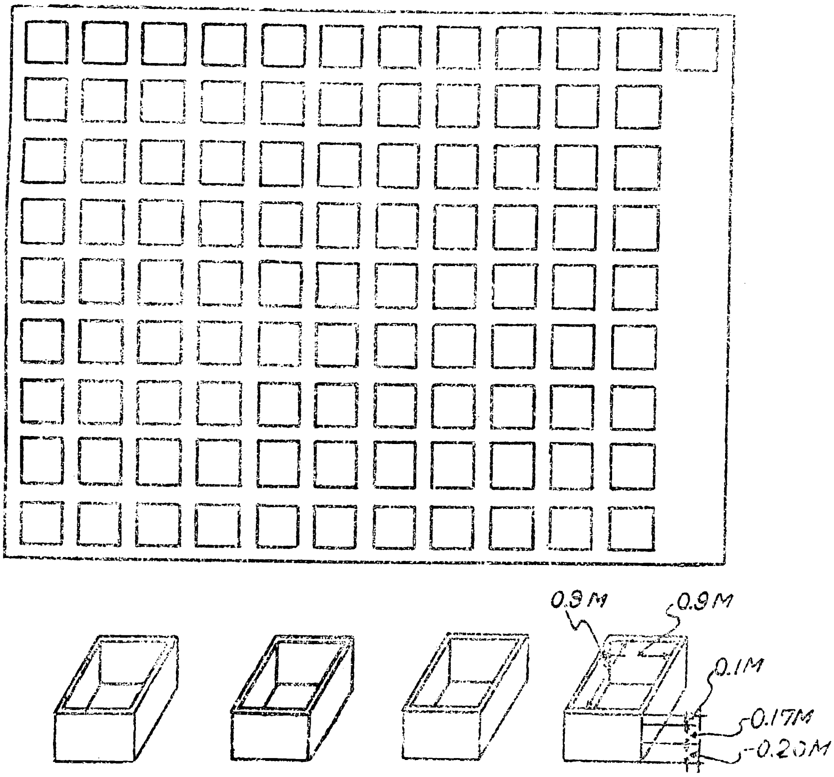
Y＝年　份

N＝自由度

Tx＝收穫物或成分含量之總和

Ty＝年份之總和

第一圖　水稻無肥料栽培試驗之田間佈置與框之大小式樣



三　試　驗　結　果

1）三十年來穀與藁之收量

無肥料栽培水稻時，其歷年收量之高低，除受氣候影響外，完全受地力肥瘠之限制，玆將三十年來收量記載列于第一表(*12*)：

第一表　三十年來水稻無肥料栽培試驗收量記載（公斤/公頃）

年　份	第一期作				第二期作			
	穀	指數	藁	指數	穀	指數	藁	指數
1912	3545	100.0	3001	100.0	2686	100.0	3412	100.0
1913	3231	91.1	3049	101.5	5094	189.6	5905	173.0
1914	—	—	—	—	4114	153.1	4090	119.8
1915	3086	87.1	3049	101.5	4404	163.9	4271	125.1
1916	2456	69.2	2202	73.3	2045	76.1	2710	79.4
1917	2952	83.2	2638	87.9	—	—	—	—
1918	1404	39.6	1319	43.9	2771	103.1	2819	82.6
1919	2226	62.7	2100	69.9	2868	106.7	5094	149.2

第一表　三十年來水稻無肥料栽培試驗收量記載（公斤/公頃）（續）

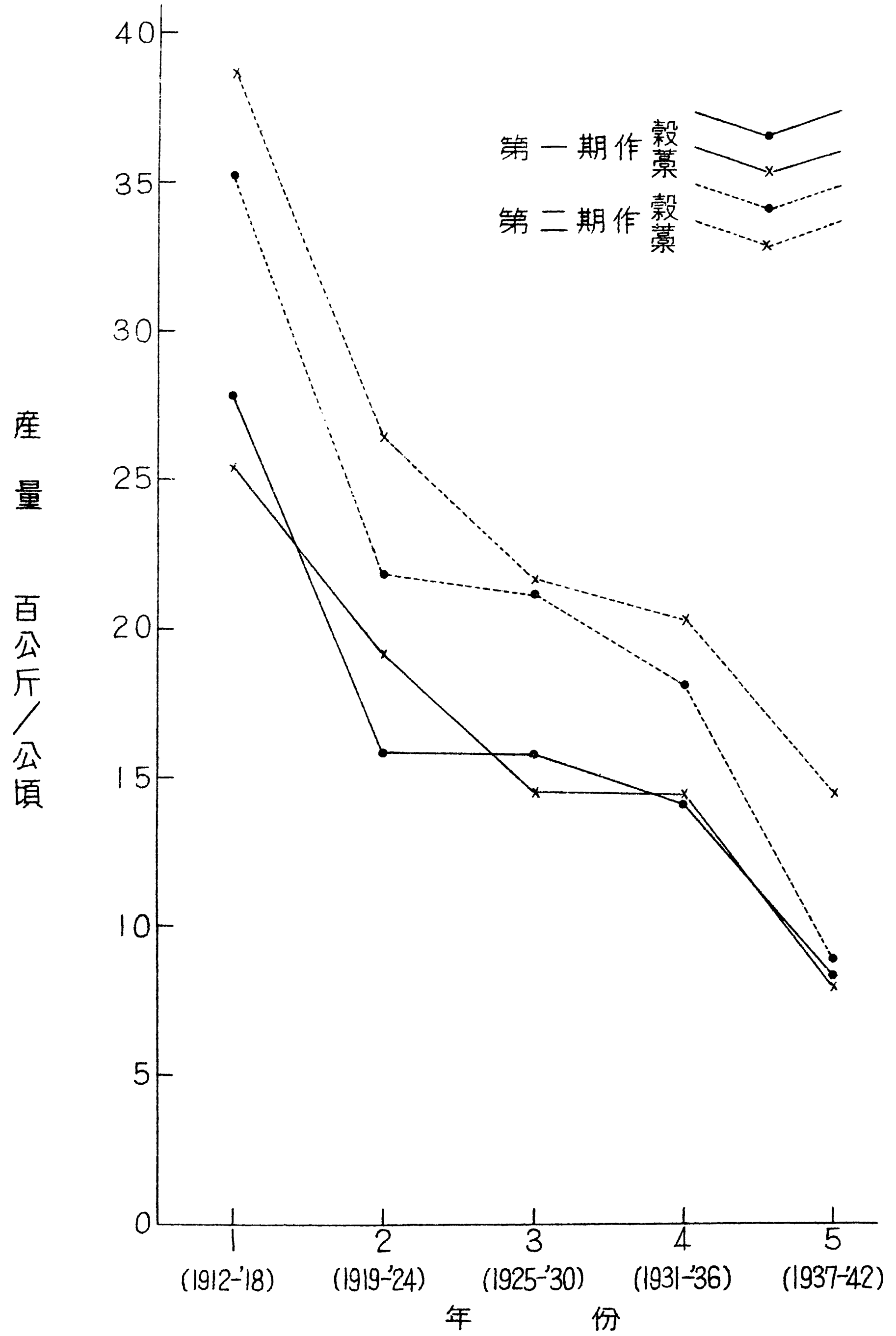
年份	第一期作				第二期作			
	穀	指數	藁	指數	穀	指數	藁	指數
1920	1379	38.8	2151	71.6	2481	92.3	2626	76.9
1921	1585	44.7	1641	54.6	2009	74.7	2093	61.9
1922	508	14.3	1428	47.5	1609	59.9	1898	55.6
1923	1694	44.7	1924	64.1	2081	77.4	1912	56.0
1924	2081	58.7	2226	74.1	1960	72.9	2263	66.3
1925	2335	65.8	2541	84.6	2831	105.3	2783	81.5
1926	1561	44.0	1416	47.1	1984	73.8	1851	54.2
1927	1343	37.8	1029	34.2	1319	49.1	1428	41.8
1928	1283	36.1	1150	38.3	1924	71.6	1500	43.9
1929	1960	55.2	1488	49.5	2468	91.8	2831	82.9
1930	968	27.3	1053	35.0	2154	80.1	2577	75.5
1931	1609	45.3	1210	40.3	1912	71.1	2698	79.0
1932	1900	53.3	1839	61.2	1862	69.3	1876	54.9
1933	1692	47.4	1621	54.0	2154	80.1	2481	72.7
1934	1186	33.4	1222	40.7	1573	58.5	1742	51.0
1935	1186	33.4	1452	48.3	2045	76.1	1730	50.7
1936	847	23.8	1271	42.3	1271	47.3	1646	48.2
1937	744	20.9	811	27.0	1367	50.8	1609	47.1
1938	770	21.7	580	19.4	1537	57.2	1573	46.1
1939	617	17.4	520	17.3	823	30.6	1210	35.4
1940	714	20.1	895	29.8	387	14.4	678	19.8
1941	851	24.0	823	27.4	702	26.1	1561	45.7
1942	1283	36.1	1113	34.0	508	18.9	2045	59.9

由第一表之資料(*12*)，每六年累加而平均之，則得第二表，再用第二表資料，繪成產量變化曲線圖（第二圖），由本曲線圖可知無論第一期作或第二期作，其穀與藁之收量，均依栽培年數之增加而減少，亦可指示土壤中存有之養分逐漸爲作物吸收而轉瘠。

第二表　每六年之累積平均收量值（公斤/公頃）

年份	第一期作				第二期作			
	穀	指數	藁	指數	穀	指數	藁	指數
1912—18	2779	100.0	2543	100.0	3519	100.0	3868	100.0
1919—24	1579	56.8	1912	75.2	2186	62.1	2648	68.5
1925—30	1575	56.7	1446	56.9	2113	60.0	2162	55.9
1931—36	1402	50.4	1436	56.5	1803	51.2	2029	52.5
1937—42	830	29.9	791	31.1	887	25.2	1446	37.4

第二圖　每六年之累積平均收量曲線圖



玆更利用第一表中諸收量數值，計算其收量與年份之相關係數 (r) 及顯著性 (t)，則得結果如第三表。

第三表 三十年來穀與藁收量對于年份之相關

期作	相關項目	自由度	相關係數 (r)	t	顯著與否
1	年份與穀	28	−0.7601	6.0826	極顯著
	年份與藁	28	−0.8212	7.4837	極顯著
2	年份與穀	28	−0.7993	6.9169	極顯著
	年份與藁	28	−0.7215	5.4193	極顯著

由第三表可知穀與藁收量對于年份均爲負相關，且極顯著。換言之，即年份愈久，產量愈少，地力衰退之現象，亦愈顯著也。

Rothamsted 農場六十五年小麥無肥料試驗之結果(2)，示在試驗最初數年產量呈顯著減少，過後則變化不明顯，每十年平均產量，均保持每英畝 12.5 bushel 左右，如天年適調，尙有超出此產量。若以 12.5 bushel 之產量與同時施有完全肥料之鄰區產量比較，前者僅爲後者的三分之一，故 Hall 氏稱一般土壤中雖含有足量之植物養分，然若不施肥料，則作物產量在數年內必減少至原產量的三份之一至四分之一，此後作物之產量，則多受氣候之影響而變動。本試驗最後六年平均產量已在原產量三分之一至四分之一間，今後產量之動向，是否如 Hall 氏所云，則有待于來日事實之證明也。

就氣候因子中，歷年雨量與氣溫*（見第四表）對于本試驗各期作之收量(1912~1942 年)之影響而言，在第一期作栽培期間（二月至六月）累積雨量暨累積氣温爲小時，該期作收量遞減率似有增加，而累積雨量對于收量之影響，似較累積氣温爲大，蓋累積雨量隨年變異率較氣温者爲大也。

第四表 (a) 歷年第一期作水稻栽培期內累積雨量累積氣溫及收量指數

年份	累積雨量△ (二月至六月)	指數	累積氣溫 * (二月至六月)	指數	穀收量指數 °	藁收量指數 °
	1062.4	100.0	105.0	100.0		
1912	1057.5	99.5	104.5	99.5	100.0	100.0
1913	1025.3	96.5	104.4	99.4	91.1	101.5
1914	883.5	83.2	105.7	100.6	—	—
1915	1385.7	130.4	104.5	99.5	87.1	101.5
1916	874.2	82.3	104.8	99.8	68.2	73.3
1917	1200.3	114.8	98.5	93.8	83.2	87.9
1918	1025.2	96.5	112.2	106.8	39.6	43.9
1919	1153.7	108.5	111.3	106.0	62.7	69.9
1920	939.4	88.4	101.0	96.1	38.8	71.6
1921	1079.4	101.1	104.0	99.0	44.9	54.6
1922	1079.9	101.1	105.6	100.5	14.3	47.5
1923	890.2	83.8	104.2	99.2	44.7	64.1
1924	969.8	91.3	103.9	99.8	58.7	74.1
1925	1253.6	117.9	100.4	95.6	65.8	84.6

第四表 (a) 歷年第一期作水稻栽培期內累積雨量累積氣溫及收量指數(續)

年 份	累積雨量 * (二月至六月)	指 數	累積氣溫 △ (二月至六月)	指 數	穀收量指數 ○	藁收量指數 ○
1926	1083.1	101.9	100.7	95.9	44.0	47.1
1927	1658.3	156.1	99.2	94.4	37.8	34.2
1928	1113.8	104.8	103.0	98.0	36.1	38.2
1929	672.2	53.3	104.3	99.3	55.2	49.5
1930	875.7	82.4	108.1	102.9	27.3	35.0
1931	1417.7	133.3	104.6	99.6	45.3	40.3
1932	1181.3	111.2	102.7	97.8	53.3	61.2
1933	713.1	67.1	104.7	99.7	47.4	54.0
1934	783.5	73.7	102.1	97.2	33.4	40.7
1935	966.7	90.9	105.8	100.7	33.4	48.3
1936	994.7	93.6	77.7	74.0	23.8	42.3
1937	1323.5	124.6	103.6	98.6	20.9	27.0
1938	905.3	85.2	107.3	102.1	21.7	19.4
1939	1118.3	105.3	101.5	96.6	17.4	17.3
1940	1100.2	103.5	100.2	95.4	20.1	29.8
1941	1399.3	131.7	105.5	100.5	24.0	27.4
1942	898.5	84.5	108.9	103.7	36.1	34.0

* 根據臺灣省氣象局記錄

第二期作水稻之收量受累積溫度(七月至十一月)及累積雨量之影響,似無第一期作者大,總之本試驗歷年收量之遞減,受地力衰退之影響較於氣候作用逾大也。

第四表 (b) 歷年第二期作水稻栽培期內累積雨量累積氣溫及收量指數

年 份	累積雨量 * (七月至十一月)	指 數	累積氣溫 △ (七月至十一月)	指 數	穀收量指數 ○	藁收量指數 ○
	929.1	100.0	124.1	100.0		
1912	1190.3	128.1	123.0	99.1	100.0	100.0
1913	837.9	90.1	125.3	100.9	189.6	173.0
1914	1267.0	136.3	125.9	101.4	153.1	119.8
1915	935.2	100.6	131.3	105.8	163.9	125.1
1916	1002.4	107.8	125.6	101.2	76.1	79.4
1917	1076.4	115.8	124.3	100.1	—	—
1918	565.0	60.8	113.4	91.3	103.1	82.6
1919	681.4	73.3	123.0	99.1	106.7	149.2
1920	1204.7	129.6	127.2	102.4	92.3	76.9
1921	531.3	57.2	122.7	98.8	74.7	61.9
1922	1169.3	125.8	124.0	100.0	59.9	55.6
1923	754.5	81.2	123.6	99.5	77.4	56.0
1924	1376.7	148.1	123.8	99.7	72.9	66.3
1925	605.7	65.1	124.5	100.3	105.3	81.5
1926	932.7	100.3	126.8	102.1	73.8	54.2
1927	889.5	95.7	124.7	100.4	49.1	41.8
1928	1138.5	122.5	118.8	95.7	71.6	43.9

第四表 (b) 歷年第二期作水稻栽培期內累積雨量累積氣溫及收量指數 (續)

年份	累積雨量 * (七月至十一月)	指數	累積氣溫 △ (七月至十一月)	指數	穀收量指數 ○	藁收量指數 ○
1929	763.2	82.6	123.0	99.1	91.8	82.9
1930	1118.6	120.3	125.4	101.0	80.1	75.5
1931	906.5	97.5	126.9	102.2	71.1	79.0
1932	1035.9	111.4	125.5	101.1	69.3	54.9
1933	898.9	96.7	126.6	102.0	80.1	72.7
1934	496.8	53.4	126.4	101.8	58.5	51.0
1935	1033.5	111.2	127.9	103.0	76.1	50.7
1936	767.1	82.5	124.9	106.0	47.3	48.2
1937	512.5	55.1	129.3	104.1	50.8	47.1
1938	906.2	97.5	125.4	101.0	57.2	46.1
1939	1060.7	114.1	125.2	100.9	30.6	35.4
1940	943.0	101.4	127.3	102.5	14.4	19.8
1941	837.8	90.1	128.7	103.7	26.1	45.7
1942	653.6	70.3	128.8	103.7	18.9	59.9

註 ○ 根據第一表

* 自 1912—1922 十年間 (2月至6月 / 7月至11月) 之平均累積雨量 mm.

△ 自 1912—1922 十年間 (2月至6月 / 7月至11月) 之平均累積氣候 °C

細查第一表與第一圖示在無肥料栽培最初六年至十二年間，穀與藁之收量作急激的遞減，其後十二年間遞減較緩，而迨至二十四年後又作急激遞減。此種現象，示知地力衰退，在最初較激，中途緩慢，而達到某階段後又急激也。若將第一期作與第二期作之遞減率互相比較，可知在無肥料栽培初期（第一年至第十八年），水稻第一期作遞減率大，但在後期（第二十四年後）水稻第二期作遞減率大，此或因第二期作藉高溫及較長之栽培期間，在地力衰退初期，尙可勉强維持生產，但迨至地力消耗至某程度後，則急速減低收量也。細觀第一表更示歉收年之翌年收量概高（如 1919, 1923, 1925, 1931 等），又前作歉收時，後作收成亦佳，此種現象，在第一期作較在第二期作尤爲顯著；蓋第一期作在耕種前之休閑時間較久，地力恢復容易。查土壤在風化中，除土壤本身不斷發出營養料外，尙有雨水，灌漑水等天然養料補給，据奧村晋三郎氏 (8) 在臺北觀測五年結果所示，由雨水補給之氮氣量爲每年每公頃 2579 克，就中 65.6% 爲錏態，其他 34.4% 爲硝酸態，故休閑時間之長短，對于土壤生產之恢復，至有影響也。

2) 歷年收穫物中肥料成分之百分率及全吸收量

穀與藁之收量對于栽培久暫之關係旣明；但此等收穫物中肥料成分含量百分率有無逐年變化，又每造作物所吸收之肥料成分全量，究爲幾何？均未明瞭，故編者等曾分析過去收穫物（自 1912—1921）中之氮，磷與鉀之成分百分率，以推定每年土壤中養分爲水稻所吸收而損失之數量。現將第一期作從民國元年 (1912) 至十一年 (1922) 及第二期作自民國元年 (1912) 至十年 (1921) 之收穫物中植物養分含量，列于第五表（其中第一期作在民國三年因風害無收穫，第二期作在民國六年受鼠害無收穫，均無記載）。

第五表　歷年收穫物中肥料成分之百分率及全吸收量（公斤/公頃）

第一期作穀中之肥料成分

年　份	乾物質	N%	P_2O_5%	K_2O%	全氮量	全磷酸量	全鉀量	全氮量比率	全磷酸量比率	全鉀量比率
1912	3249	1.34	0.74	—	43.5	24.0	—	100.0	100.0	—
1913	2874	1.20	0.55	—	34.5	18.7	—	79.3	77.9	—
1914	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1915	2835	1.03	0.62	0.30	29.2	17.6	8.5	67.1	73.3	100.0
1916	2119	1.18	0.69	0.18	25.0	14.6	3.8	57.4	60.8	44.7
1917	2628	1.11	0.63	0.21	29.2	16.6	5.5	67.1	69.1	64.7
1918	1221	1.31	0.71	0.49	16.0	8.7	6.0	36.7	36.2	70.5
1919	1988	1.25	0.69	0.37	24.9	13.7	7.4	57.2	57.0	87.0
1920	1195	1.61	0.76	0.64	19.2	9.1	7.6	44.1	37.9	89.4
1921	1461	1.12	0.89	0.47	16.4	13.0	6.9	37.7	54.1	81.1
1922	439	1.61	0.84	0.52	7.1	3.7	2.3	16.3	15.4	27.0

第一期作藁中之肥料成分

1912	2654	1.01	0.27	—	26.8	7.2	—	100.0	100.0	—
1913	2552	0.73	0.24	—	18.6	6.1	—	69.4	84.7	—
1914	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1915	2434	0.72	0.20	2.90	17.5	4.9	70.6	65.2	68.0	100.0
1916	1842	0.72	0.24	2.91	13.3	4.4	53.6	49.6	61.1	75.9
1917	2130	0.72	0.22	2.81	15.3	4.7	59.9	57.0	65.2	84.8
1918	1137	0.68	0.21	2.96	7.7	2.4	33.7	28.7	33.3	47.7
1919	1692	0.72	0.22	2.78	12.2	3.7	47.0	45.5	51.3	66.5
1920	1872	0.80	0.15	2.38	15.0	2.8	44.6	55.9	38.8	63.1
1921	1481	0.81	0.45	1.61	12.0	6.7	23.8	44.7	93.0	33.7
1922	1230	1.12	0.58	2.76	13.8	7.2	33.9	51.4	100.0	48.0

第二期作穀中之肥料成分

1912	2409	1.93	0.63	—	46.5	15.2	—	100.0	100.0	—
1913	4427	1.45	0.63	—	64.2	27.9	—	138.0	183.5	—
1914	3686	1.39	0.60	0.19	51.2	22.1	7.0	110.1	145.3	100.0
1915	3807	1.36	0.55	0.19	51.8	20.9	7.2	111.3	137.5	102.8
1916	1701	1.45	0.65	0.18	24.7	11.1	3.1	53.1	73.0	44.2
1917	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1918	2484	1.50	0.68	0.47	37.3	16.9	11.7	80.2	111.1	167.1
1919	2489	1.67	0.78	0.63	41.6	19.4	15.7	89.4	127.6	224.2
1920	2170	1.56	0.65	0.35	33.9	14.1	7.6	72.9	92.7	108.5
1921	1861	1.36	0.70	0.60	25.3	13.0	11.2	54.4	85.5	160.0

第五表　歷年收穫物中肥料成分之百分率及全吸收量　(公斤/公頃)　(續)

第二期作藁中之肥料成分

年　份	乾物質	N%	P_2O_5%	K_2O%	全氮量	全磷酸量	全鉀量	全氮量比率	全磷酸量比率	全氮量比率
1912	2985	1.09	0.15	—	32.5	4.5	—	100.0	100.0	—
1913	4956	0.69	0.15	—	48.0	7.4	—	129.2	164.4	—
1914	3555	0.63	0.14	[illegible].81	22.4	5.0	64.3	68.9	111.1	100.0
1915	5715	0.54	0.06	1.82	30.9	3.4	104.0	95.0	75.5	167.7
1916	1947	0.71	0.18	1.44	13.8	3.5	28.0	42.4	77.7	43.5
1917	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1918	2439	0.57	0.19	2.46	13.9	4.6	60.0	42.7	102.2	93.3
1919	4430	1.00	0.26	2.28	44.3	11.5	101.0	136.3	255.5	157.0
1920	2273	0.61	0.18	2.04	13.9	4.1	46.4	42.7	91.1	72.1
1921	1880	0.58	0.22	2.12	10.9	4.1	39.9	33.5	91.1	62.0

a). 收穫物中乾物質含量之變化

以無肥料栽培水稻中，收穫物之乾物質量逐年減少，第一期作穀與藁中乾物質量與年代之相關係數見第六表，各爲-0.9163及-0.8435，t 值各爲 6.4075 及 4.3737，均屬顯著；而就第二期作言，穀與藁中乾物質含量與年代之相關係數則各爲-0.6067及-0.4569，其相應之 t 值各爲 1.9732 及 1.3356，均不顯著。但由第三表，可知三十年來第一、二兩期作之穀與藁收量與年份成負相關，均屬顯著，何以在試驗初期（十年間）其乾物質全量與年份之負相關，僅第一期作顯著，第二期作不顯著，此中原因諒與前述第二期作在試驗初期之遞減率較第一期作爲少所致之也。

第六表　兩期作穀與藁中乾物質全量與年份之相關

期　作	相關項目	自由度	相關係數	t	顯著與否
1	年份與穀中乾物質	8	-0.9163	6.4075	極　顯　著
	年份與藁中乾物質	8	-0.8435	4.3737	極　顯　著
2	年份與穀中乾物質	7	-0.6067	1.9732	不　顯　著
	年份與藁中乾物質	7	-0.4569	1.3356	不　顯　著

b). 乾物質組成分中氮，磷及鉀百分率之變化

各期作穀與藁乾物質組成分中氮，磷及鉀之百分率（如第五表），逐年略有變化。又其百分率與年份之相關係數 (r)，及相應值 t，列于第七表，由此表可知乾物質組成分中氮，磷與鉀之百分率，不但不隨年份減退，且隨年份而增。此種現象與 Voelker 氏及 Y. Dynta 氏 (3) 等報告，正相脗合，即植物體組成中各營養元素之含量百分率，鮮受地力衰退影響，而與土地生產力尙無明顯關係。

第七表　兩期作穀與藁中氮，磷，鉀之百分率與年份之相關

第　一　期　作

相關項目	自由度	相關係數	t	顯著與否
年份與穀中氮百分率	8	0.4769	1.7283	不顯著
年份與穀中磷百分率	8	0.7002	2.7463	顯著
年份與穀中鉀百分率	6	0.7558	2.7701	顯著
年份與藁中氮百分率	8	0.2398	0.6846	不顯著
年份與藁中磷百分率	8	0.5480	1.8345	不顯著
年份與藁中鉀百分率	6	-0.5765	1.6933	不顯著

第　二　期　作

相關項目	自由度	相關係數	t	顯著與否
年份與穀中氮百分率	7	-0.3102	0.8487	不顯著
年份與穀中磷百分率	7	0.5845	1.8729	不顯著
年份與穀中鉀百分率	5	0.7851	2.8271	顯著
年份與藁中氮百分率	7	0.3499	0.9711	不顯著
年份與藁中磷百分率	7	0.6042	1.9715	不顯著
年份與藁中鉀百分率	5	0.5035	1.2995	不顯著

c). 每年從收穫物中移去氮磷與鉀全量之變化

關於乾物質中氮，磷酸及鉀之全量與年份之相關係數 (r) 及 t 值列于第八表中，就中氮量與年份之負相關最顯著，磷酸次之，而穀與藁相較，則穀中三要素量與年份間負相關較爲明顯，第一期作與第二期作相較，則第一期作收穫物中三要素量與年份間之負相關較爲明顯。

第八表　兩期作穀與藁中氮，磷，鉀含量與年份之相關

第　一　期　作

相關項目	自由度	相關係數	t	顯著與否
年份與穀中全氮量	8	-0.9161	6.3983	極顯著
年份與穀中全磷量	8	-0.8772	5.1171	極顯著
年份與穀中全鉀量	6	-0.2329	0.7079	不顯著
年份與藁中全氮量	8	-0.6760	2.5685	顯著
年份與藁中全磷量	8	-0.1137	0.3206	不顯著
年份與藁中全鉀量	6	-0.8328	3.6110	極顯著

第　二　期　作

相關項目	自由度	相關係數	t	顯著與否
年份與穀中全氮量	7	-0.7331	2.8031	顯著
年份與穀中全磷量	7	-0.5169	1.5626	不顯著
年份與穀中全鉀量	5	0.4896	1.2522	不顯著
年份與藁中全氮量	7	-0.5102	1.5422	不顯著
年份與藁中全磷量	7	0.0387	0.1007	不顯著
年份與藁中全鉀量	5	-0.3036	0.7106	不顯著

玆將上述試驗結果之各種現象，概要說明如下：

a) 穀收量之遞減較藁爲顯著：

第九表示穀中氮含量約等于藁中之 2 倍，其磷量則等于 3 倍，但藁中之鉀則佔收穫物中全鉀 90 %左右，故氮與磷爲穀之主要成分而鉀爲藁之主要成分。又由第八表可知收穫物中氮量之遞減最速而磷次之，穀需要氮與磷最切，但不能獲得其需要量，故穀收量之遞減自較藁者爲顯著也。

第九表 歷年來兩期作之氮磷與鉀之全吸收量 (公斤/公頃)

第 一 期 作

年份	氮全吸收量			磷酸全吸收量			鉀全吸收量		
	穀	藁	合計	穀	藁	合計	穀	藁	合計
1912	43.5	26.8	70.3	24.0	7.2	31.2	—	—	—
1913	34.5	18.6	53.1	18.7	6.1	24.8	—	—	—
1914	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1915	29.2	17.5	46.7	17.6	4.9	22.5	8.5	70.6	79.1
1916	25.0	13.3	38.3	14.6	4.4	19.0	3.8	53.6	57.4
1917	29.2	15.3	44.5	16.6	4.7	21.3	5.5	59.9	65.4
1918	16.0	7.7	23.7	8.7	2.4	11.1	6.0	33.7	39.7
1919	24.9	12.2	37.1	13.7	3.7	17.4	7.4	47.0	54.4
1920	19.2	15.0	34.2	9.1	2.8	11.9	7.6	44.6	52.2
1921	16.4	12.0	28.4	13.0	6.7	19.7	6.9	23.8	30.7
1922	7.1	13.8	20.9	3.7	7.2	10.9	2.3	33.9	36.2

第 二 期 作

年份	氮全吸收量			磷酸全吸收量			鉀全吸收量			全年兩作吸收量		
	穀	藁	合計	穀	藁	合計	穀	藁	合計	氮	磷酸	鉀
1912	46.5	32.5	79.0	15.2	4.5	19.7	—	—	—	—	—	—
1913	64.2	42.0	106.2	27.9	7.4	35.3	—	—	—	—	—	—
1914	51.2	22.4	73.6	22.1	5.0	27.1	7.0	64.3	71.3	—	—	—
1915	51.8	30.9	82.7	20.9	3.4	24.3	7.2	104.0	111.2	129.4	46.8	190.3
1916	24.7	13.8	38.5	11.1	3.5	14.6	3.1	28.0	31.3	76.8	33.6	88.5
1917	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1918	37.3	13.9	51.2	16.9	4.6	21.5	11.7	60.0	71.7	74.9	32.6	111.4
1919	41.6	44.3	85.9	19.4	11.5	30.9	15.7	101.0	116.7	123.0	48.3	171.1
1920	33.9	13.9	47.8	14.1	4.1	18.2	7.6	46.4	54.0	82.0	30.1	106.2
1921	25.3	10.9	36.2	13.0	4.1	17.1	11.2	39.9	51.1	64.6	36.8	81.8

b) 第一期作收穫物及其三要素含量之減低率較第二期作爲顯著：

此者可歸因于第二期作水稻特性，栽培時間，氣温等等環境較利于第二期作吸收養分而獲得

其需要量，例如第十表中，以無肥料栽培水稻十年間，在最初三年與最後三年各要素中平均吸收量減少率中，以第一期作與第二期作氮吸收量之減少率最大，又第二期作各要素減少率均少于第一期作，故第一期作收量之減低較著也。但以上所述，僅係十年間繼續無肥料栽培之成績，而第一表示第二期作水稻之收量，約在二十四年以後，有顯著之減退，故該時各期作養分吸收量與年份之關係，究竟如何，尙待今後之研究焉！

第十表　無肥料栽培水稻在最初三年與最後三年三要素平均吸收量（公斤/公頃）

期　作		氮	磷酸	鉀
1	最初三年平均吸收量（a）	56.7	26.1	67.3
	最後三年平均吸收量（b）	27.8	14.1	39.7
	a/b×100	49.0	54.0	58.9
2	最初三年平均吸收量（a）	86.2	27.3	71.2
	最後三年平均吸收量（b）	56.6	22.0	73.9
	a/b×100	65.6	80.5	103.7

c）歷年各期作三要素吸收量比率與本地施肥標準量試驗結果（三要素比率）之比較：

由第十一表可知歷年各期作三要素吸收量比率頗相接近，即作物當地力衰退時，仍以相似比率吸取養分也。玆將其三要素平均吸收量比率與在本地施肥標準量試驗所得三要素比率比較之如下：

第十一表　歷年來三要素吸收量之比率

年　份	第一期作			第二期作		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1912	100	44	—	100	25	—
1913	100	47	—	100	33	—
1914	—	—	—	100	37	97
1915	100	48	169	100	29	134
1916	100	50	150	100	38	81
1917	100	48	147	—	—	—
1918	100	47	168	100	42	140
1919	100	47	147	100	36	136
1920	100	35	153	100	38	113
1921	100	69	108	100	47	141
1922	100	52	125	—	—	—
平　均	100	48.7±8.4	145.9±20.5	100	36.1±6.5	120.1±23.7

第十二表　平均三要素吸收量比率與本地施肥標準量之三要素比率

	第一期作			第二期作		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
要素吸收量比率	100	48.7	145.9	100	36.1	120.2
標準施肥量(公斤/公頃)	122	67.0	40.0	103	65.0	49.0
標準施肥量中要素比率	100	59.8	36.6	100	63.1	47.6

由上標準施肥量之鉀量似嫌不足或土壤中含有足量之鉀，究竟如何？有待于將來之試驗也。

3) 關於試驗區土壤理化性之變化

本試驗始于民國元年，時間悠久，主持試驗者，更迭接續，計劃中變，致歷年來土壤理化性之資料，付諸缺如。編者等于民國三十五年(1946)第二期作收穫後，採取試驗區土壤，以與附近連年施用三要素區（該區自民國十五年起，每期作施用氮95，磷95及鉀95公斤/公頃）相較，藉明梗概，以供參考。茲將分析結果列于第十三表。

由表可知無肥區與三要素區表，底土之理學性，除無肥區表土稍爲粘重外，其餘略趨一致，而化學性相差較大，其中表土含氮量相差最大，無肥區者約爲三要素區者之67.8%；有效性鉀次之，約爲80%；有效性磷酸更次之，約爲71.4%。而兩區底土中成分含量之差異，以有效性鉀最顯著；蓋施用三要素之底土，因受鉀自表土之滲透，鉀含量增高，故無肥區底土鉀含量僅及三要素區之25%，是不施肥料栽培水稻，對于地中含有養分之顯著影響，由此可以窺見矣！

第十三表　連年無肥料區與三要素區土壤之理化性質（風乾土%）

物　理　性　質

	燃燒損失	粗砂	細砂	泥砂	粘土	溶解物量
三要素表土	5.21	0.97	35.66	40.30	22.45	0.62
三要素表底土	4.30	0.44	31.42	41.83	26.23	0.08
無肥表土	5.02	1.22	26.63	47.85	24.00	0.30
無肥底土	4.31	1.01	25.85	45.45	27.40	0.29

化　學　性　質

	pH	有機物	氮	全磷	有效性磷	有效性鉀	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
三要素表土	5.1	3.82	0.227	0.092	0.014	0.006	0.057	3.76	10.02
三要素底土	5.2	1.81	0.152	0.089	0.014	0.007	0.055	4.38	9.60
無肥表土	5.0	3.16	0.154	0.074	0.010	0.005	0.052	2.56	9.38
無肥底土	6.0	0.22	0.142	0.069	0.009	0.002	0.048	4.22	10.04

四　結　論

本試驗仍在繼續進行中，茲姑將三十年來試驗結果暫作結論如下：

1). 三十年來試驗結果，穀與藁收量，不問期作，均與年份成負相關，t 値極顯著，即年份愈久，收量愈低也。

2). 在試驗首十年中收穫物中乾物質含量均與年份成負相關，t 値第一期作爲顯著，而第二期作則不顯著。

3). 乾物質中氮，磷及鉀含量百分率均與年份成正相關，其相應之 t 値除第一期作穀中磷鉀與第二期作穀中鉀外，其餘均不顯著。

4). 全收穫物乾物質中氮，磷及鉀全量均與年份成負相關，t 値則除第一期作穀中氮磷與藁中氮鉀及第二期作穀中氮外，其餘爲不顯著，其中若以三要素吸收量相較，氮較鉀爲明顯，磷較鉀爲明顯。穀與藁中含有量相較，穀中含有量與年份之 t 値更爲明顯，第一期作收穫物中含有量與第二期作收穫物中含有量相較，第一期作收穫物中含有量與年份之 t 値更爲明顯。

5). 歷年來三要素吸收量之比率尙爲接近，十年平均第一期作磷量爲氮量 48 %，鉀爲 145% 第二期作磷爲氮量 36 %，鉀爲 120%。

6). 經無肥料栽培水稻後，土壤理學性尙無顯著變化，但化學性變化較大，其中無肥區表土氮，磷及鉀之含量各爲三要素區之 67.8 %，71.4 %，及 80 %，而底土中前者氮，磷及鉀之含量則爲後者之 93.4 %，64.2 %，及 25.5 %。

A Discussion on the Results of Thirty Years' Experiment of Growing Rice without Applying Fertilizer

By C.T. Chen and J. F. Lin

Résumé

A continuous experiment of growing rice without applying fertilizer was commenced in 1911, at the farm of this institute for the purpose to ascertain the general tendency of declination of yield and deterioration of soil fertility, This experiment has been conducted to 1946. The design of this experiment was to grow the early and late crops of rice continuously in accordance with the local method of cultivation in 100 cement tanks of the size 0.9×0.9×0.7 cubic meter. Each tank was filled with 184 kg. of surface soil and 236 kg. of subsoil taken from the experimental farm at the beginning of the experiment.

The accumulated data of each crop from 1911 to 1934 were analysed statistically. Chemical analysis were also made for crops harvested between the years 1912–1922, and soils sampled from the experimental field in the fall of 1946.

The results may be summarized as follows:-

1. As the years passed by, the declination of yield and diminished uptake of various

plant nutrients became significant. The coefficient of correlation and the corresponding "t" value of the following items with years were computed. These items were: (1) Yield of grain and straw, (2) Dry matter content of grain and straw, (3) Percentage of nitrogen, phosphoric acid and potash content in grain and straw, (4) Content of nitrogen, phosphoric acid and potash in grain and straw. The results are illustrated in table 1.

2. It was observed that the ratio of nitrogen, phosphoric acid and potash absorbed by each crop of rice was nearly the same for succeeding years. The amount of potash absorbed through the plant showed a larger variation from year to year than that of phosphoric acid. The figures obtained are tabulated in table 2.

3. An investigation was made of the mechanical and chemical compositions of soils taken from the tanks of this experiment and adjacent tanks in which a complete fertilizer have been applied since the beginning of this experiment. The results obtained are illustrated in table 3. Nitrogen, phosphoric acid and potash of the surface soil of the unfertilized plot were 67.8% 71.4%, and 80.0% to the fertilized plot, and those of subsoil were 93.4%, 64.2% and 25.5% respectively.

Other phenomena referring to the declination of yield and diminished uptake of nutrients are also discussed in this paper.

Table 1. Coefficient of correlation and "t" value of early and late crops of rice

Early crop

Correlation between	Coefficient of correlation	"t" value	Significant or not
1. Year & grain	−0.7601	6.0826	Significant
2. Year & straw	−0.8212	7.4837	"
3. Year & dry matter content in grain	−0.9163	6.4075	"
4. Year & dry matter content in straw	−0.8435	4.3737	"
5. Year & N% in grain	0.4769	1.7283	Not significant
6. Year & P_2O_5% in grain	0.7002	2.7463	Significant
7. Year & K_2O% in grain	0.7558	2.7701	"
8. Year & N% in straw	0.2398	0.6846	Not significant
9. Year & P_2O_5% in straw	0.5480	1.8345	"
10. Year & K_2O% in straw	−0.5765	1.6933	"
11. Year & N content in grain	−0.9161	6.3983	Significant
12. Year & P_2O_5 content in grain	−0.8772	5.1171	"
13. Year & K_2O content in grain	−0.2829	0.7079	Not significant
14. Year & N content in straw	−0.6760	2.5635	Significant
15. Year & P_2O_5 content in straw	−0.1137	0.3206	Not significant
16. Year & K_2O content in straw	−0.8328	3.6110	Significant

Table 1. Coefficient of correlation and "t" value of early and late crops of rice (cont'd)

Late Crop

Coreelation between	Coefficient of correlation	"t" value	Significant or not
1. Year & grain	−0.7993	6.9169	Significant
2. Year & straw	−0.7215	5.4193	"
3. Year & dry matter content in grain	−0.6067	1.9732	Not significant
4. Year & dry matter content in straw	−0.4569	1.3356	"
5. Year & N% in grain	−0.3102	0.8487	"
6. Year & P_2O_5% in grain	0.5845	1.8729	"
7. Year & K_2O% in grain	0.7851	2.8271	Significant
8. Year & N% in straw	0.3499	0.9711	Not significant
9. Year & P_2O_5% in straw	0.6042	1.9715	"
10. Year & K_2% in straw	0.5035	1.2995	"
11. Year & N content in grain	−0.7331	2.8031	Significant
12. Year & P_2O_5 content in grain	−0.5169	1.5626	Not significant
13. Year & K_2O content in grain	0.4896	1.2522	"
14. Year & N content in straw	−0.5102	1.5422	"
15. Year & P_2O_5 content in straw	0.0387	0.1007	"
16. Year & K_2O content in straw	−0.3036	0.7106	"

Table 2. Ratio of plant nutrients absorbed by plant
(amount of nitrogen is fixed to 100)

Year	Early crop			Late crop		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1912	100	44	—	100	25	—
1913	100	47	—	100	33	—
1914	—	—	—	100	37	97
1915	100	48	169	100	29	134
1916	100	50	150	100	38	81
1917	100	48	147	—	—	—
1918	100	47	168	100	42	140
1919	100	47	147	100	36	136
1920	100	35	153	100	38	113
1921	100	69	108	100	47	141
1922	100	52	125	—	—	—
Average	100	48.7±8.4	145.9±20.5	100	36.1±6.5	120.1±23.7

Table 3. Results of mechanical and chemical analysis of soils
taken from unfertilized and fertilized plots

Percentage (based on air dried soil)	Surface soil		Sub-soil	
	unfertilized	fertilized	unfertilized	fertilized
Loss on ignition	5.02	5.21	4.31	4.30
Soluble matter	0.30	0.62	0.29	0.08

Table 3. Results of mechanical and chemical analysis of soils taken from unfertilzed and fertilized plots (con'd)

Percentage (based on air dried soil)	Surface soil		Sub-soil	
	unfertilized	fertilized	unfertilized	fertilized
Mechanical composition				
Coarse sand	1.22	0.97	1.01	0.44
Fine & very fine sand	26.63	35.66	25.85	31.42
Silt	47.85	40.30	45.45	41.83
Clay	24.00	22.45	27.40	26.23
Results of Chemical analysis				
pH	5.0	5.1	6.0	5.2
Organic matter	3.16	3.82	0.22	1.81
Nitrogen	0.154	0.227	0.142	0.152
Total phosphoric acid	0.074	0.092	0.069	0.089
Availabie phosphoric acid	0.010	0.014	0.009	0.014
Available potash	0.005	0.006	0.002	0.007
Conc. HCl extract				
Silica (SiO_2)	0.052	0.057	0.048	0.055
Iron oxide (Fe_2O_3)	2.56	3.76	4.22	4.38
Aluminium oxide (Al_2O_3)	9.38	10.02	10.04	9.60

引 用 文 献

1. HALLIGAN. J. E.
Soil fertility and fertilizer, pp. 35–51, The Chemical Publishing Co, London, 1912.

2. HOPKINS, C. G.
Soil fertility and permanent agriculture, pp. 364-384, Ginn and Company, New Yerk, 1910.

3. MOSER, F.
Plant composition as an index of soil fertility, Proceeding of Soil Science of America, Vol. 5, Section 2, pp.147-152, 1940.

4. PEECH M. and ENGLISH., L.
Rapid microchemical soil tests, Soil Sci., Vol. 57, No. 3, pp. 167–195, 1944.

5. PIFER, C. S.
Soil and plant analysis, pp. 59–223, Interscience Publishers, Inc., New York, 1944.

6. RUSSELL, E. J. and VOELCKER, J. A.
Fifty years of field experiments at the Woburn experiment station, pp. 236–260, Longmans Green and Co., London, 1936.

7. SNYDER, E. F.
The application of the Antimony Electrode to the determination of the pH value of soil, Soil Sci., Vol. 26, pp. 107-118, 1928.

8. 奧村晉三郎
臺北雨水中之氮含量，臺灣農事報，360號，pp. 30-34,，1936.

9. 范福仁
生物統計與試驗設計，廣西農事試驗場叢書，No. 1, 1941.

10, 松山芳彥
農藝化學分析，pp. 81-86，東京帝大農學部農藝化學教室印刷，1939

11. 船引眞吾
土壤實驗法，pp.88-94，東京養賢堂發行，1942.

12. 臺灣總督府農業試驗所
業務功程，pp. 59–82，1944.